

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-218530

(43)Date of publication of application : 27.08.1993

(51)Int.Cl.

H01S 3/02
H01S 3/042
H01S 3/16

(21)Application number : 04-016280

(71)Applicant : HOYA CORP

(22)Date of filing : 31.01.1992

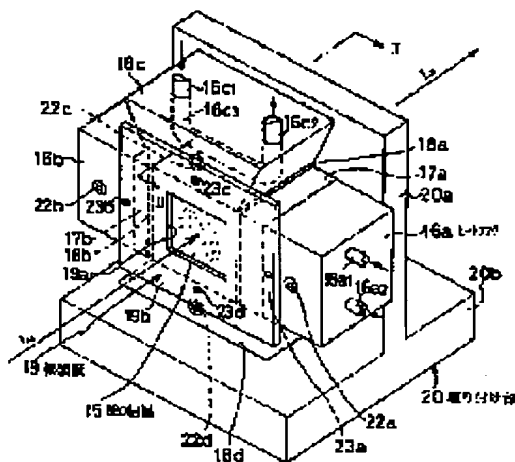
(72)Inventor : MOGI TETSUYA
HARA HIDEO

(54) HOLDING DEVICE FOR OPTICAL COMPONENT OF LASER AND SOLID STATE LASER DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To protect a laser optical component holding member or the like from laser light without producing harmful reflected light.

CONSTITUTION: In a laser optical component holding device, a protective plate 19 provided with an opening part 19a allowing to pass laser light L1 to be incident on and emitted from a laser optical component 15 and a protective part 19b covering a holding member or a peripheral member including the holding member against laser light is composed of a light scattering material, at least the surface of which has a property of scattering laser light L1. It is so made that the laser optical component holding device holds a solid state laser medium, and thereby the holding member or the like holding the laser optical component can be protected from laser light without producing harmful reflected light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 29.08.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(11)特許出願公開番号

特開平5-218530

(43)公開日 平成5年(1993)8月27日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

室内整理番号

FI

技術表示箇所

H O I S 3/02
3/042
3/16

8934-4M

8934-4M

8934-4M

H O 1 S 3/ 02

3/ 04

Z

L

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-16280

(22)出願日 平成4年(1992)1月31日

(71)出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72)発明者 茂木 哲哉

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホー
ヤ株式会社内

(72)発明者 原 秀雄

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホー
ヤ株式会社内

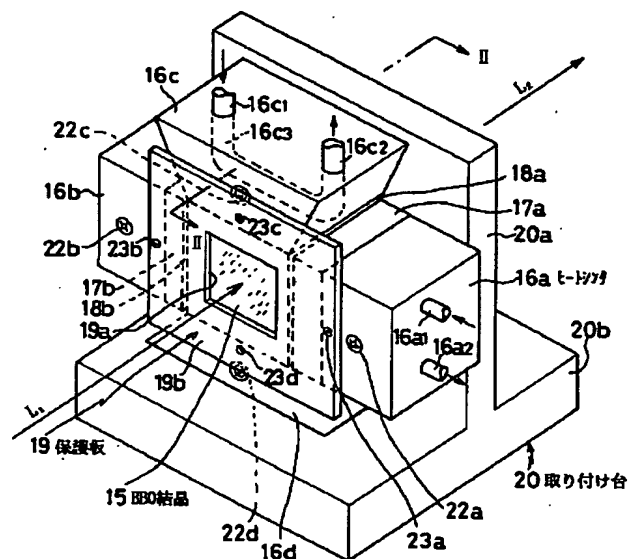
(74)代理人 弁理士 阿仁屋 節雄 (外2名)

(54)【発明の名称】 レーザ光学部品保持装置及び固体レーザ装置

(57) 【要約】

【目的】 この発明は、有害な反射光を発生させることなくレーザ光からレーザ光学部品保持部材等を保護することを可能にしたレーザ光学部品保持装置及び該レーザ光学部品保持装置を用いた固体レーザ装置を提供することを目的とする。

【構成】 本発明にかかるレーザ光学部品保持装置は、レーザ光学部品 15 に入・出射するレーザ光 L_1 を通過させる開口部 19a と、レーザ光に対して保持部材又は保持部材を含む周辺部材を覆うようにした保護部 19b とを備えた保護板 19 を、少なくともその表面が前記レーザ光 L_1 を散乱する性質を有する光散乱性物質で構成したものであり、本発明にかかる固体レーザ装置は、この発明のレーザ光学部品保持装置によって固体レーザ媒体を保持するようにしたもので、これにより、有害な反射光を発生させることなくレーザ光学部品を保持する保持部材等をレーザ光から保護することを可能にしたものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光が入・出射するレーザ光学部品を保持する保持部材又は保持部材を含む周辺部材を有するレーザ光学部品保持装置であって、

前記レーザ光学部品に入・出射するレーザ光を通過させる開口部と、前記レーザ光に対して前記保持部材又は保持部材を含む周辺部材を覆うようにした保護部とを備えた保護板を有し、

前記保護板は、少なくともその表面が前記レーザ光を散乱する性質を有する光散乱性物質で構成されたものであることを特徴としたレーザ光学部品保持装置。

【請求項2】 請求項1に記載のレーザ光学部品保持装置において、

前記光散乱性物質は、フッ素金雲母セラミックス、酸化マグネシウムセラミックス及び酸化アルミニウムセラミックスのうちのいずれか1又は2以上の物質からなるものであることを特徴としたレーザ光学部品保持装置。

【請求項3】 請求項1又は2に記載のレーザ光学部品保持装置において、

前記レーザ光学部品が、レーザ発振もしくは光増幅する固体レーザ媒体、又は、レーザ発振及び光増幅、レーザ光の変調、偏向もしくは波長変換を行う非線形光学結晶であることを特徴としたレーザ光学部品保持装置。

【請求項4】 固体レーザ媒体と、

この固体レーザ媒体を励起する励起光源と、

前記固体レーザ媒体のレーザ光路上に光軸を共通にして配置されたレーザ共振器とを備えた固体レーザ装置において、

前記固体レーザ媒体が、請求項1又は2に記載のレーザ光学部品保持装置によって保持されたものであることを特徴とした固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザ媒体や非線形光学結晶等を保持するレーザ光学部品保持装置及びこのレーザ光学部品保持装置を用いた固体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図5は従来のレーザ光学部品保持装置の構成を示す斜視図、図6は図5のV I - V I 線断面図である。

【0003】図5に示される例は、レーザ光学部品である非線形光学結晶たるKTP結晶1を保持するもので、このKTP結晶1を、半円形状をなした透明ガラス板2、3で挾持し、これらガラス板2、3をリング状枠体4で嵌合保持したものである。リング状枠体4は基台5に支柱6を介して取り付けられている。このように、KTP結晶1を透光性部材で保持するようにしてあるのは、レーザ光が保持部材に照射された場合でもそのエネルギーが吸収されて損傷されたり、あるいは、レーザ光が反射

されて他の光学部品に悪影響を与えること等がないようにするためである。これは、KTP結晶1にレーザ光を照射する場合、図6に示されるように、一般に、結晶の有効体積をできるだけフルに活用するために、照射するレーザ光のビーム径が結晶の有効断面領域のほぼ全域をカバーするように設定される。そうすると、レーザビームは通常ガウシアン分布をなしているので、ガウシアン分布の裾野にあたる部分でレーザ光が結晶1からはみだす。このはみだしたレーザ光が光吸収や反射を起こす不透明な部材に照射されると、この部材を次第に劣化させ、もしくは反射光が生じて他の光学部品に悪影響を与えることになるからである。

【0004】また、図7は従来の固体レーザ装置の部分断面図である。図7において、レーザ媒体10は、該レーザ媒体10及び図示しない励起光源等を収容するキャビティ11の壁部に形成された貫通孔11aを通じて外部に端部を露出させて該キャビティ11に固定されている。この場合、レーザ媒体10は、貫通孔11aに設けられたOリング溝11bに嵌合されたOリング13内に挿通されるとともに、該Oリング13を押さえ板12によって押圧することによりOリング13で締め付けるようにして固定している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、例えば、波長変換素子等の非線形光学結晶は、レーザ光の照射によって結晶の温度が変動するとこれに伴って特性が変化するので、結晶温度を一定に保持するためにペルチェ素子等の温度制御素子やヒートシンク等を取り付ける必要がある場合が多い。このような場合には、上述の従来例のような、結晶を透光性保持部材で保持するようにした光学部品保持装置を用いることはできない。すなわち、結晶にはペルチェ素子等の温度制御素子や冷却装置等を接触させる必要がある。換言すると、結晶の近傍に不透明な物体が配置されることになる。このため、結晶に照射されるレーザ光の一部がこれら不透明な物体に照射されてこれら自体を損傷させ、あるいは、これら物体から反射されたレーザ光が他の光学部品を損傷させ、さらには、戻り光となって光学系に悪影響を与える等の問題点が生じていた。

【0006】また、上述の従来の固体レーザ装置では、固体レーザ媒体10から入・出射するレーザ光の一部が押さえ板12やOリング13に照射され、これらを直接的もしくは間接的に劣化させるという問題があった。

【0007】本発明は、上述の背景のもとでなされたものであり、有害な反射光を発生させることなくレーザ光からレーザ光学部品保持部材等を保護することを可能にしたレーザ光学部品保持装置及び該レーザ光学部品保持装置を用いた固体レーザ装置を提供することを目的としたものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するために、本発明にかかるレーザ光学部品保持装置は、

(1) レーザ光が入・出射するレーザ光学部品を保持する保持部材又は保持部材を含む周辺部材を有するレーザ光学部品保持装置であって、前記レーザ光学部品に入・出射するレーザ光を通過させる開口部と、前記レーザ光に対して前記保持部材又は保持部材を含む周辺部材を覆うようにした保護部とを備えた保護板を有し、前記保護板は、少なくともその表面が前記レーザ光を散乱する性質を有する光散乱性物質で構成されたものであることを特徴とする構成とした。

【0009】また、この構成1の態様として、(2) 構成1のレーザ光学部品保持装置において、前記光散乱性物質は、フッ素金雲母セラミックス、酸化マグネシウムセラミックス及び酸化アルミニウムセラミックスのうちのいずれか1又は2以上の物質からなるものであることを特徴とする構成とした。

【0010】さらに、この構成1又は2の態様として、

(3) 構成1又は2のレーザ光学部品保持装置において、前記レーザ光学部品が、レーザ光発振もしくは光増幅する固体レーザ媒体、又は、レーザ光発振及び光増幅、レーザ光の変調、偏向もしくは波長変換を行う非線形光学結晶であることを特徴とする構成とした。

【0011】また、本発明にかかる固体レーザ媒体は、

(4) 固体レーザ媒体と、この固体レーザ媒体を励起する励起光源と、前記固体レーザ媒体のレーザ光路上に光軸を共通にして配置されたレーザ共振器とを備えた固体レーザ装置において、前記固体レーザ媒体が、構成1又は2のレーザ光学部品保持装置によって保持されたものであることを特徴とする構成としたものである。

【0012】

【作用】上述の構成1～3において、レーザ光学部品には保護板の開口部を通じてレーザ光が照射される。一方、保持部材又は保持部材を含む周辺部材は、保護板の保護部によって覆われている。ここで、この保護板の少なくとも表面がレーザ光を散乱する性質を有する光散乱性物質で構成されているので、仮にレーザ光が保護板に照射されても保護板によって散乱されるから直接保持部材等に照射されることはなく、したがって、保持部材等が劣化したり損傷することがないとともに、保護板自体もレーザ光のエネルギーを吸収して損傷することもない。しかも、保護板で散乱されたレーザ光はエネルギーが四方に分散されるので、この散乱光によって他の光学系に悪影響を与えるおそれもない。

【0013】また、構成4によれば、固体レーザ媒体の端部周辺部材等がレーザ光の照射により劣化することを防止できる。

【0014】

【実施例】レーザ光学部品保持装置の一実施例

図1は本発明の一実施例にかかるレーザ光学部品保持装

置の構成を示す斜視図、図2は図1におけるI-I-I-I線断面図である。

【0015】これらの図において、符号15はレーザ光学部品を構成するBBO(β -BaB₂O₄)結晶、符号16a、16b、16c、16dはヒートシンク、符号17a、17bはペルチェ素子、符号19は保護板、符号20は断面略逆T字形をなした取り付け台である。この実施例のレーザ光学部品保持装置は、レーザ光学部品として波長変換を行う非線形光学結晶たるBBO結晶15を保持するもので、略直方体形状のBBO結晶15の1対の対向する側面にペルチェ素子17a、17bを接触させ、これらペルチェ素子17a、17b並びにBBO結晶15の他の対向する1対の側面にそれぞれヒートシンク16a、16b、16c、16dを接触させ、これらヒートシンクを取り付け台20に固定することにより、BBO結晶15をヒートシンクで挟み込むようにして保持するものである。

【0016】BBO結晶15は、寸法が5×5×7mmの直方体をなし、5×5mmの対向する1対の面の一方の面である入射面15aから波長1.06μmの基本波レーザ光L₁を入射したとき、他方の面である出射面15bからこの基本波レーザ光の波長の1/2の波長のレーザ光を含む光L₂を射出する波長変換素子である。

【0017】このBBO結晶15の対向する1対の側面、すなわち、図1中左右の側面には、弾性を有する伝熱シート18a、18bを介してペルチェ素子17a、17bが所定の接触圧で接触されている。また、これらペルチェ素子17a、17bはヒートシンク16a、16bに図示しない適宜の固定手段で固定され、さらに、これらヒートシンク16a、16bは、取り付け台20の取り付け板部20aに取り付けビス22a、22bによって固定されている。すなわち、BBO結晶15は伝熱シート18a、18bの弾性力によって保持される。なお、伝熱シート18a、18bはボロンナイトライドを含有したシリコンゴムで構成され、ペルチェ素子17a、17bはそれぞれ図示しない制御装置に接続されている。

【0018】また、BBO結晶15の対向する他の1対の側面、すなわち、図1中上下の側面は、ヒートシンク16c、16dに接触され、また、これらヒートシンク16c、16dは、取り付け台20の取り付け板部20aに取り付けビス22c、22dによって固定されている。したがって、BBO結晶15はこれらペルチェ素子17a、17b及びヒートシンク16a、16b、16c、16dによってレーザ光の進行方向に直交する方向の温度勾配が押さえられつつ一定の温度に維持されて保持される。

【0019】取り付け台20は、図中水平方向に配置される板状基部20bと、この基部20bから図中上方に向かって設けられた取り付け板部20aとからなり、取

り付け板部20aには、レーザ光通過孔20cが設けられている。このレーザ通過孔20cはBBO結晶15の射出面15bと略同じかやや大きい四角形状の孔であり、BBO結晶15を保持したとき、その射出面15bに面するようになっている。また、BBO結晶15の入射面15aの前には、保護板19が配置される。この保護板19は、フッ素金雲母セラミックスの粉末を焼結したバルク材から、 $15 \times 15 \times 1$ mmの正方形の板材を切削加工によって切り出し、その中央部にレーザ光を通過させる開口部19aを設けたものである。この保護板19は、開口部19aの周囲にある板材からなる保護部19bを4本の固定ビス23a, 23b, 23c, 23dでそれぞれヒートシンク16a, 16b, 16c, 16dに固定することによって固定してある。この保護板19の開口部19aは 4.5×4.5 mmの正方形形状をなしたもので、保護板19はこの開口部19aの中心がBBO結晶15の入射面15aの中心に一致するように配置される。また、保護部19bの表面は、表面粗さが R_{max} でおよそ $25 \mu\text{m}$ 内外の粗面となっている。この保護板19の保護部19bにレーザ光が照射された場合、レーザ光は表面で散乱されてそのエネルギーが四方に分散される。すなわち、保護部19bに照射されたレーザ光は、保護部19bに吸収されたり、あるいは、有害な反射光となるようなことはない。

【0020】ヒートシンク16a, 16b, 16c, 16dはともにアルミ材からなる角柱体であり、各々の内部に冷却水流路が形成されており、冷却水導入パイプ及び冷却水排出パイプを通じて冷却水が流通されるようになっている。なお、図1及び図2にあっては、ヒートシンク16a及び16cに設けられた冷却水導入パイプ16a1, 16c1及び冷却水排出パイプ16a2, 16c2、並びに、ヒートシンク16c, 16dに設けられた冷却水流路16c3, 16d3だけを示してある。

【0021】以上の構成において、いま、保護板19aの開口部を通じてBBO結晶15の入射面15aから波長 $1.06 \mu\text{m}$ の基本波レーザ光 L_1 を入射させると、射出面15bからこの基本波レーザ光の波長の $1/2$ の波長のレーザ光を含む光 L_2 が射出され、波長変換が行われる。この場合、基本波レーザ光 L_1 の一部が保護板19の開口部19aからはみだして保護部19bに照射されても、このレーザ光は保護部19aの表面で散乱されてそのエネルギーが四方に分散される。すなわち、保護部19bに照射されたレーザ光は、保護部19bに吸収されたり、あるいは、有害な反射光となるようなことはない。これにより、保護板19自体の損傷を防止しつつ、かつ、有害な反射光等を生じさせることなく、レーザ光 L_1 が、保持部材たる伝熱シート18a, 18bやペルチェ素子17a, 17b、もしくはヒートシンク16a, 16b, 16c, 16dに直接照射されることを

効果的に防止することができる。

【0022】固体レーザ装置の一実施例

図3は本発明の一実施例にかかる固体レーザ装置の構成を示す断面図、図4は図3に示される固体レーザ装置の斜視図である。

【0023】これらの図において、符号10は固体レーザ媒体、符号11はキャビティ、符号12は押さえ板、符号13はリング、符号25は励起用のフラッシュランプ、符号26はリフレクター、符号27は全反射鏡、符号28は出力鏡である。なお、この実施例は図7に示した従来の固体レーザ装置と基本構成が同じであるので、共通する部分には同一の符号を付してその詳細説明を省略する。

【0024】箱状をなしたキャビティ11内の一方の部位、すなわち、図中下部にはレーザ媒体10が配置され、キャビティ11に保持されている。レーザ媒体10はNd:YAGレーザ媒体である。このレーザ媒体10の保持方法は上述の図7に示した従来の固体レーザ装置とほぼ同じである。すなわち、レーザ媒体10のレーザ光の入・射出端面10a, 10bの近傍の端部をキャビティ11の貫通孔11a, 11bを通じて外部に露出させ、これら端部を貫通孔11a, 11b内に取り付けられたリング13, 13に挿通させ、これらリングを押さえ板12, 12によって押圧することによりリング13で締め付けるようにして固定している。また、キャビティ11内の他方の部位、すなわち、図中上部には励起用フラッシュランプ25が配置され、キャビティ11に保持されている。このフラッシュランプは図示しない外部電源装置に接続されている。さらに、キャビティ11の内周面には、フラッシュランプ25の光を反射してレーザ媒体10に集光するリフレクター26が形成されている。また、レーザ媒体10の入・射出端面10a及び10bにそれぞれ対向する部位には、レーザ媒体のレーザ光路の光軸とその光軸を共通して全反射鏡27及び出力鏡28が配置されている。なお、以上の構成は、従来の周知のレーザ装置の構成と同じである。この実施例のレーザ装置が従来のレーザ装置と異なる点は、押さえ板12, 12の外側にこれら押さえ板を覆い、かつ、レーザ媒体10の入・射出端面10a, 10bのみを外部に露出させるようにした保護板191, 192を設けた点である。

【0025】保護板191, 192は、上述のレーザ光学部品保持装置の一実施例における保護板19を構成する材料と同じ材料で構成され、略同じ構成を有しており、それぞれレーザ光を通過させる開口部191a, 192aと、レーザ光を散乱させる保護部191b, 192bとからなる。この場合、開口部191a, 192aの開口形状は、レーザ媒体10の外径とほぼ同じ内径の円形であり、レーザ媒体10に入・射出するレーザ光 L_0 が押さえ板12やリング13に直接照射されないように

なっている。なお、この実施例は、出力鏡28の外側に光軸を共通にして上述の一実施例にかかる光学部品保持装置を配置することにより、波長変換したレーザ光を得られるようにしたものである。

【0026】上述の構成において、いま、励起光源25からレーザ媒体10に励起光Lを照射すると、全反射鏡27と出力鏡28からなるレーザ共振器内でレーザ光 L_0 が生じ、出力鏡28を通じて波長 $1.06\mu\text{m}$ の発振レーザ光 L_1 が得られる。この発振レーザ光 L_1 は光学部品保持装置によって保持されたBBO結晶を通過することにより、波長を $1/2$ に変換されたレーザ L_2 （波長 532nm ）として取り出される。

【0027】この実施例によれば、レーザ媒体10に入・出射するレーザ光 L_0 の一部がレーザ媒体10の入・出射端面10a、10bからはみだした場合でも、このはみだしたレーザ光は保護板191、192の保護部191b、192bによって散乱され、押さえ板12、12やリング13、13等に直接照射されることがない。したがって、これら押さえ板12、12等が損傷あるいは劣化することがないとともに、有害な反射光を生じさせるようなこともない。

【0028】なお、この実施例においては、BBO結晶を保持したレーザ光学部品保持装置を全反射鏡27と出力鏡28からなるレーザ共振器の外に設けた例をかかげたが、BBO結晶をレーザ共振器内に配置するようにしてもよい。その場合には、レーザ光学部品保持装置における取り付け台20の取り付け板部20aの外側にも保護板19と同じ保護板を取り付ける必要がある。また、出力鏡28としては波長 $1.06\mu\text{m}$ のレーザ光をほぼ100%反射し、一方、波長 532nm のレーザ光をほぼ100%透過するダイクロイックミラーを用いる。

【0029】また、レーザ媒体10としてレーザ発振と波長変換との双方を行う非線形結晶、例えば、NYAB ($\text{Nd}_x\text{Y}_{1-x}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$)、Nd:MgO:LiNbO₃、EYAB ($\text{Er}_x\text{Y}_{1-x}\text{Al}_2(\text{BO}_3)_4$)等を用いれば、BBO結晶を用いる必要なく、 532nm の波長のレーザ光を得ることができる。

【0030】さらに、上述の各実施例では、保護板を構成する光散乱性物質として、フッ素金雲母セラミックスを用いた例をかかげたが、これと同様の機能を有する他の物質、例えば、酸化マグネシウムセラミックス、酸化アルミニウムセラミックス又はこれらの混合物、あるいは、米国LABSPHERE社から販売されているフッ素樹脂の一種であるスペクトラロン(LABSPHER

E社の商品名)等を用いてもよい。また、これらのセラミックス等は特に積極的に粗面化処理を施さなくてもレーザ光を散乱させる性質を有しているが、これらに積極的に粗面化加工等の粗面化処理を施せばより散乱特性が向上することは勿論である。

【0031】また、レーザ光学部品保持装置に保持されるレーザ光学部品としては、BBO結晶の外に、他の波長変換素子たるKDP、KTP、LBO、偏向用非線形結晶たるLiNbO₃、KDP、もしくは、レーザ飽和吸収用結晶たるLiF等がある。

【0032】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明にかかるレーザ光学部品保持装置は、レーザ光学部品に入・出射するレーザ光を通過させる開口部と、レーザ光に対して保持部材又は保持部材を含む周辺部材を覆うようにした保護部とを備えた保護板を、少なくともその表面が前記レーザ光を吸収せずに散乱する性質を有する光散乱性物質で構成したものであり、本発明にかかる固体レーザ装置は、この発明のレーザ光学部品保持装置によって固体レーザ媒体を保持するようにしたもので、これにより、有害な反射光を発生させることなくレーザ光からレーザ光学部品を保持する保持部材等を保護することを可能にしたものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のレーザ光学部品保持装置の構成を示す斜視図である。

【図2】図1のI-I線断面図である。

【図3】本発明の一実施例の固体レーザ装置の構成を示す断面図である。

【図4】本発明の一実施例の固体レーザ装置の構成を示す斜視図である。

【図5】従来のレーザ光学部品保持装置の構成を示す斜視図である。

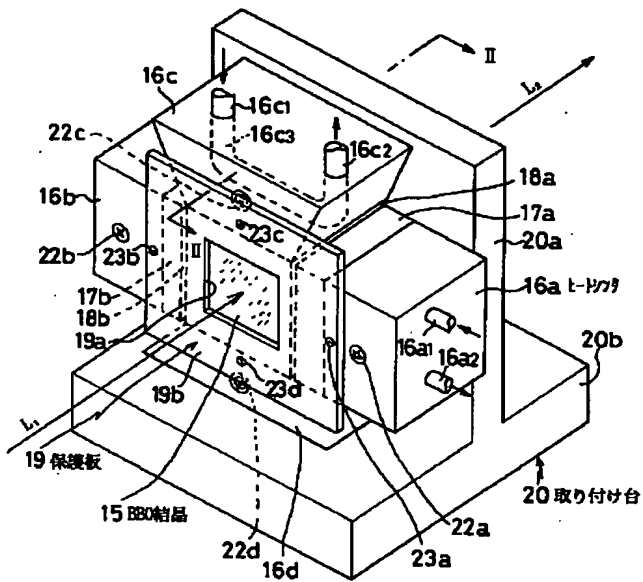
【図6】図5のV-V線断面図である。

【図7】従来の固体レーザ装置の構成を示す部分断面図である。

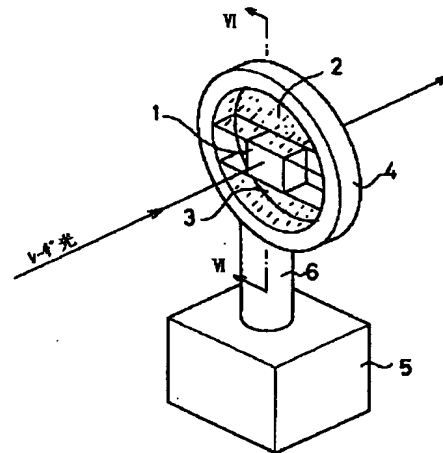
【符号の説明】

10…レーザ媒体、11…キャビティ、12…押さえ板、13…リング、15…レーザ光学部品を構成するBBO結晶、16a、16b、16c、16d…ヒートシンク、17a、17b…ペルチェ素子、19、191、192…保護板、19a、191a、192a…開口部、19b、191b、192b…保護部、20…取り付け台。

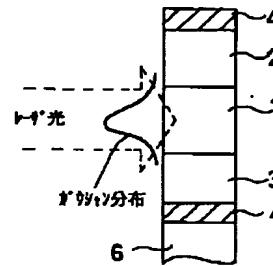
【図1】



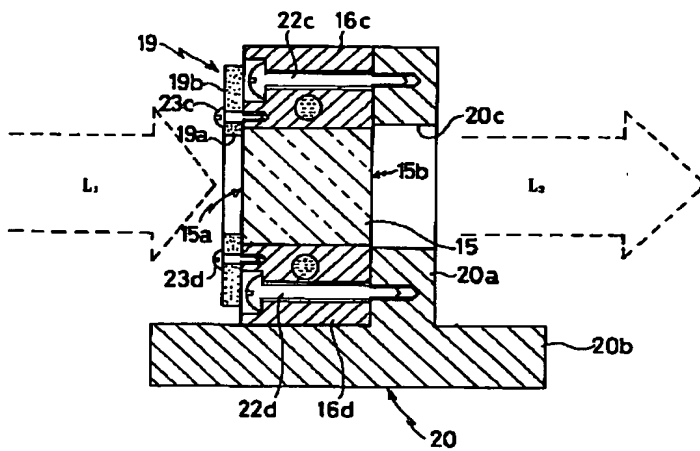
【図5】



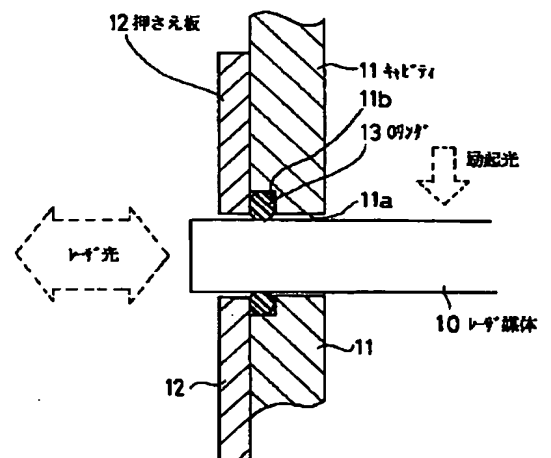
【図6】



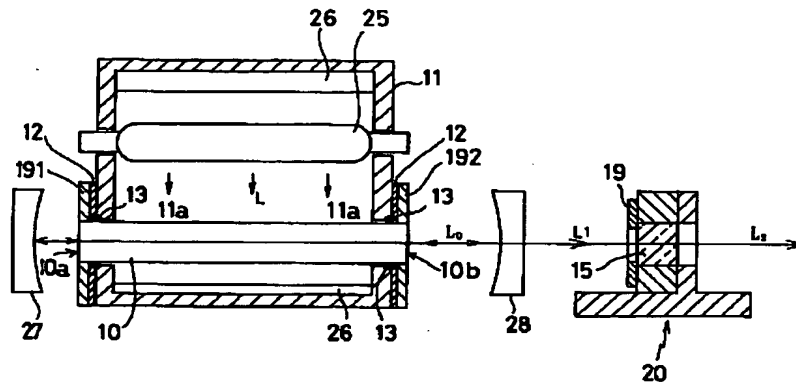
【図2】



【図7】



【図3】



【図4】

